

DERWENT-ACC-NO: 1995-295245

DERWENT-WEEK: 199539

COPYRIGHT 2006 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piston for internal combustion engine - has
piston skirt coated with hard layer of e.g. **polyamide-imide!**
resin,
and soft layer of e.g. epoxy! or polyester
resin.

PATENT-ASSIGNEE: **TOYOTA JIDOSHA KK[TOYT]**

PRIORITY-DATA: 1993JP-0331587 (December 27, 1993)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
JP 07189804 A	July 28, 1995	N/A
007 F02F 003/10		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP 07189804A	N/A	1993JP-0331587
December 27, 1993		

INT-CL (IPC): B32B015/08, F02F003/10

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 07189804A

BASIC-ABSTRACT:

The **piston skirt** is coated with a **1st hard resin layer** (e.g. **polyamide-imide** resin), and a **2nd soft resin layer** (e.g. epoxy or polyester resin).

USE - Used for an internal combustion engine.

ADVANTAGE - The coating treated piston has long service life.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.0/6

TITLE-TERMS: PISTON INTERNAL COMBUST ENGINE **PISTON SKIRT** COATING HARD LAYER

POLYAMIDE POLYIMIDE RESIN SOFT LAYER POLYEPOXIDE

POLYESTER RESIN

DERWENT-CLASS: A28 A88 P73 Q52

CPI-CODES: A11-B05; A12-H; A12-H10; A12-T04C;

ENHANCED-POLYMER-INDEXING:

Polymer Index [1.1]

017 ; P0771 P0635 P1081 H0260 F70 F72 D01

Polymer Index [1.2]

017 ; B9999 B3792 B3747 ; K9483*R ; B9999 B5447 B5414 B5403 B5276
; ND01 ; Q9999 Q7114*R ; K9574 K9483 ; K9676*R ; Q9999 Q7910

Q7885

; Q9999 Q7976 Q7885

Polymer Index [2.1]

017 ; P0464*R D01 D22 D42 F47

Polymer Index [2.2]

017 ; P0839*R F41 D01 D63

Polymer Index [2.3]

017 ; B9999 B3827 B3747 ; K9712 K9676 ; ND01 ; Q9999 Q7114*R ;
K9574

K9483 ; K9676*R ; Q9999 Q7910 Q7885 ; Q9999 Q7976 Q7885

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1995-132710

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1995-223496

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-189804

(43) 公開日 平成7年(1995)7月28日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 2 F 3/10	B			
3/00	L			
	G			
// B 3 2 B 15/08	E			

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

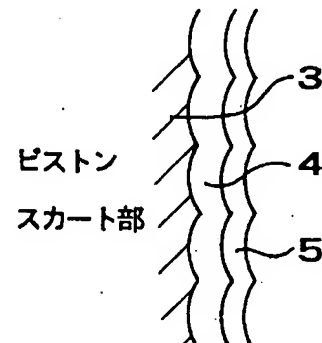
(21) 出願番号	特願平5-331587	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成5年(1993)12月27日	(72) 発明者	斉藤 浩二 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	中小原 武 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	不破 良雄 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 田淵 経雄

(54) 【発明の名称】 内燃機関のピストンおよびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 なじみ性と耐久性とを両立できるコーティングを施されたピストンとその製造方法の提供。

【構成】 ピストンスカート3に、硬度の高い第1コーティング層4を施し、その上に硬度の低い第2コーティング層5を施した内燃機関のピストン1。ピストンスカート3に第1コーティング層樹脂を塗布して焼成し、その上に第2コーティング層樹脂を塗布して第1コーティング層焼成温度より低い温度で焼成する内燃機関のピストンの製造方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ピストンスカートに、固体潤滑材を含有する耐摩耗性のある第1コーティング層を形成し、該第1コーティング層の上に前記第1コーティング層より低い硬度の第2コーティング層を形成したことを特徴とする内燃機関のピストン。

【請求項2】 前記第1コーティング層がバインダとしての樹脂を含み、前記第2コーティング層が樹脂を含み、前記第1コーティング層の樹脂と前記第2コーティング層の樹脂の種類を変えた請求項1記載の内燃機関のピストン。

【請求項3】 ピストンスカートに、固体潤滑材を含有する第1コーティング層を形成し、該第1コーティング層の上に固体潤滑材を含有する第2コーティング層を形成し、前記第2コーティング層の硬度を前記第1コーティング層の硬度より低く設定し、さらに前記第1コーティング層の固体潤滑材含有比と前記第2コーティング層の固体潤滑材含有比とを異ならせたことを特徴とする内燃機関のピストン。

【請求項4】 ピストンスカートに熱硬化性樹脂を含有する第1コーティング層を施して焼成し、前記第1コーティング層の上に熱硬化性樹脂を含有する第2コーティング層を施して前記第1コーティング層の焼成温度より低い温度で焼成することを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、初期なじみ性がよく、この良好ななじみ性を長期間にわたって維持できる内燃機関のピストンとその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、内燃機関のピストンのスカート部に、固体潤滑材を含有させたフッ素樹脂コーティングを施すことにより、ピストンとシリンダボア間の潤滑性を向上する技術は知られている（たとえば、特開昭54-162014号公報）。このコーティングのバインダ樹脂は、エポキシ樹脂にフッ素樹脂を混在させたもので、エポキシ樹脂が容易に摩耗するために早期に摩耗して最適なピストンプロフィールを形成でき、初期なじみ性がよく、フッ素樹脂が低摩擦であることおよび固体潤滑材を含むため潤滑性に優れている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来技術には次の問題がある。すなわち、エポキシ樹脂ベースのコーティングは、初期なじみ性がよいものの、耐摩耗性が乏しいので、運転時間の経過とともに摩耗が進行し最適プロフィールが崩れ、遂にはピストン母材（アルミ合金）が露出する。その結果、スカuffingが生じ、ピストンとシリンダボア間の摩擦が大になり焼き付きを生じるようになる。また、コーティング層の消滅によりピストン

とボア間のクリアランスも大になり、オイル消費が悪化し、ピストン打音も大になる。耐久性を向上させるために、コーティング層の厚さを大にすると剥れやすくなり、耐久性が逆に低下することもある。また、耐摩耗性を得るために、バインダをエポキシ樹脂から、耐摩耗性のあるポリアミドイミド樹脂等に変えたと、今度は初期なじみ性が悪化する。このように、従来のコーティング層では、初期なじみ性と耐久性とを両立させることが困難であった。本発明の目的は、初期なじみ性が良好で、しかもこの良好な初期なじみ性が長期間の運転にわたって維持できる、コーティングが施された内燃機関のピストンとその製造方法を提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための、本発明の内燃機関のピストンは次の（1）のピストンから成り、その製造方法は次の（2）の方法から成る。

（1）ピストンスカートに、固体潤滑材を含有する耐摩耗性のある第1コーティング層を形成し、該第1コーティング層の上に前記第1コーティング層より低い硬度の第2コーティング層を形成した内燃機関のピストン。

（2）ピストンスカートに熱硬化性樹脂を含有する第1コーティング層を施して焼成し、前記第1コーティング層の上に熱硬化性樹脂を含有する第2コーティング層を施して前記第1コーティング層の焼成温度より低い温度で焼成する内燃機関のピストンの製造方法。

【0005】

【作用】上記（1）のピストンでは、表面側の硬さの低いコーティング層と下地側の硬さの高いコーティング層との2層コーティングとなるため、なじみ性と耐久性とを両立させることができる。上記（2）のピストンの製造方法では、熱硬化性樹脂の2層コーティングで、焼成温度を表面側層の方を低くすることによって、たとえ同じ樹脂であっても表面側の硬さを容易に低くすることができる。

【0006】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。図1に示すように、内燃機関のピストン1は、シリンダボア2に往復動可能に挿入されている。ピストン母材、シリンダブロック母材はアルミ合金である。ピストン1はピストンスカート3を有し、このピストンスカート3にてシリンダボア2内面に摺接する。図2に示すように、ピストンスカート3の外周面にはピストン軸線方向に延びるらせん状に加工された条痕があり、この条痕を有するピストンスカート外周面に、第1コーティング層4が形成され、その上（外周面）に第2コーティング層5が形成される。条痕を残しておくのはコーティング層が剥がれにくくするためである。第1コーティング層4は固体潤滑材をバインダ樹脂中に含有させた層からなり、耐摩耗性を有する。第2コーティング層5は樹脂からなり（固体

潤滑材を含んでいてもよい)、第2コーティング層5の硬度は第1コーティング層4の硬度より低く設定されている。

【0007】第1コーティング層4のバインダ樹脂は熱硬化性樹脂からなり、ポリアミドイミド、ポリイミドを用いることができる。これらの樹脂のマトリクスはエポキシに比べて硬く、耐摩耗性を有する。固体潤滑材には、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、二硫化モリブデン(MoS_2)、グラファイト(C)等の少なくとも1種が用いられる。固体潤滑材は、低摩擦係数、高潤滑性を得るために含有される。たとえば、第1コーティング層の組成は、バインダ樹脂40～75wt%、PTFE5～15wt%、 MoS_2 10～25wt%、C10～20wt%に設定される。第1コーティング層4の厚さは8 μm 以上となる。ただし、第1コーティング層4と第2コーティング層5との合計は40 μm 以下とする。これらの厚さの根拠は後述する。

【0008】第2コーティング層5の樹脂は熱硬化性樹脂からなり、エポキシ、ポリエステル樹脂を用いることができる。これらの樹脂のマトリクスはポリアミドイミド、ポリイミドに比べて柔らかく、ピストンになじみ性を与える。固体潤滑材にはPTFE、 MoS_2 、Cの少なくとも1種が用いられる。第2コーティング層5の組成は、バインダ樹脂70～90wt%、固体潤滑材10～30wt%に設定される。第2コーティング層5の厚さは8～15 μm である。厚さの根拠は後述する。

【0009】上記では、第2コーティング層5の硬度を第1コーティング層4の硬度より低くするのに、バインダ樹脂の種類を変えている。すなわち、第1コーティング層4のバインダ樹脂をポリアミドイミド、ポリイミド、第2コーティング層5の樹脂をエポキシ、ポリエステルとしている。樹脂の種類を変えること以外によって、コーティング層の硬度を変えてもよい。たとえば、同じ熱硬化性樹脂を用いても焼成温度を変えることによって硬度を変えることができる。すなわち、第1、第2コーティング層のバインダ樹脂を同じポリアミドイミドまたはポリイミドとした場合、第1コーティング層4の焼成温度より第2コーティング層5の焼成温度を低くすることにより、第2コーティング層5の硬さを第1コーティング層4の硬さより低くできる。たとえば、第1コーティング層4を、焼成温度を180℃～220℃として15分～90分焼成して形成し、第2コーティング層5を、焼成温度を150℃～160℃として30分～90分焼成して形成してもよい。

【0010】第1コーティング層4の固体潤滑材含有比は、第2コーティング層5の固体潤滑材含有比と変えられて、すなわち大にされて、第1コーティング層の耐摩耗性、耐久性を増加させてもよい。

【0011】つぎに、製造方法を説明する。まず、ピストンスカート3の外周面に機械加工し、条痕を残した状

態にする。ついで、固体潤滑材を含有する熱硬化性樹脂を溶解した溶剤を塗布し、焼成して第1コーティング層4を形成する。ついで、熱硬化性樹脂を溶解した溶剤を塗布し、焼成して第2コーティング層5を形成する。第2コーティング層5は固体潤滑材を含有してもしなくてもよい。上記方法において、第2コーティング層5の硬度が第1コーティング層4の硬度より低くなる方法を選定する。この方法には次の2つがあり、何れによってもよい。第1は樹脂の種類を変えることであり、第1コーティング層4にはポリアミドイミド、ポリイミドを用い、第2コーティング層5にはエポキシ、ポリエステルを用いる。第2は焼成温度を変えることであり、第1コーティング層4の焼成温度より第2コーティング層5の焼成温度を低くすることである。この場合には、樹脂の材料は同じであってもよく、たとえばポリアミドイミド、ポリイミドを用いる。焼成温度は第1コーティング層4が180℃～220℃、第2コーティング層5が150℃～160℃とする。

【0012】具体的には、樹脂材料を変えてコーティング層を硬度を変える場合は、次のようにしてピストンを製造した。バインダ(ポリアミドイミド、ポリイミド)100重量部に対して、200～400重量部の溶剤(n-メチル-2-ピロリドン等)を配合して溶解したものに、固体潤滑材(PTFE、 MoS_2 、グラファイト)を特定量加え、ボールミルにて5時間の粉碎、攪拌を行った。得られたコーティング材料を、アルミニウム合金AC8A(アルカリ脱脂済)のピストン基材に、膜厚が8 μm 以上となるようにコーティングし、焼成(180℃×90分)し、硬化させた。これによって第1コーティング層4が形成された。つぎに、バインダ(エポキシ、ポリエステル)100重量部に対して200～400重量部の溶剤(メチルエチルケトン)を配合して溶解したものに、固体潤滑材(PTFE)を特定量加え、ボールミルにて2時間の粉碎、攪拌を行った。得られたコーティング材料を第1コーティング層上に、膜厚が8～15 μm となるように塗布し、焼成(180℃×60分)し、硬化させた。これによって、第2コーティング層5が形成された。この時、第1コーティング層4と第2コーティング層5の合計厚さが40 μm 以下になるようにした。上記では、第1コーティング層4、第2コーティング層5を別々に順次形成したが、2層を順次スプレー塗装して、180℃×90分で同時に焼成してもよい。

【0013】また、焼成温度を変えてコーティング層の硬度を変える場合は、次のようにしてピストンを製造した。すなわち、焼成温度、焼成時間以外は上記方法と同じである。上記方法と異なる点は、第1コーティング層4の高温焼成が180～220℃×60～90分で行われ、第2コーティング層5の低温焼成が150～160℃×30～90分で行われたことである。

【0014】上記のようにして製造されたピストンはつぎの評価方法で評価された。樹脂コーティングの評価に当っては、単気筒エンジン（排気量500cc、シリンダボア材はねずみ鉄FC25）を使用し、ファイアリングにて実施した。この単気筒のエンジンのシリンダブロックはセンサを介して保持されているため、実働時のピストンフリクションをリアルタイムで測定できる。

試験条件 エンジン回転数 1000~3000rpm*

*試験時間 300時間

また、コーティング層の摩耗および剥離状況の経時変化を確認するために、25時間毎の分解調査も実施した。以下に、本発明の実施例No. 1~10と比較例No. 11~26と、その試験結果を表示する。

【0015】

【表1】

表1 試験結果（実施例）

No.	第1コーティング層				膜厚 (μm)	第2コーティング層				膜厚 (μm)	摩 耗 量 (μm)										300時間 後1号 残存率
	Al/樹脂 組成	組 成	固 体 潤滑剤	組 成		組 成	固 体 潤滑剤	組 成	25H		50H	75H	100H	125H	150H	200H	250H	300H			
1	#97:F 4:F	(wt%) 40	PTFE MoS ₂ C	(wt%) 15 25 20	10	#44: 75	PTFE	(wt%) 25	8	7.7	7.9	8.1	8.5	8.7	8.9	9.2	9.4	9.5	85		
2	#94:F	50	PTFE MoS ₂ C	15 25 10	15	#44: 80	↑	20	15	6.7	9.7	14.3	15.2	15.5	15.7	16.0	16.2	16.3	91		
3	#94:F	50	PTFE MoS ₂ C	10 25 15	14	#94:75% 4:F	90	↑	10	15	13.3	16.1	16.3	16.3	16.6	16.8	17.0	17.0	17.3	86	
4	#97:F 4:F	60	PTFE MoS ₂ C	10 20 10	8	#44: 70	PTFE MoS ₂	25 5	13	7.5	8.4	12.8	13.3	13.5	13.8	14.1	14.2	14.4	91		
5	#97:F 4:F	65	PTFE MoS ₂ C	10 15 10	18	#44: 80	PTFE	10	12	5.6	9.5	11.5	12.3	12.5	12.6	12.8	13.0	13.1	94		
6	#97:F 4:F	70	PTFE MoS ₂ C	5 15 10	20	#44: 80	↑	20	10	6.5	8.5	10.4	10.6	10.8	11.0	11.2	11.3	11.5	83		
7	#97:F 4:F	70	PTFE MoS ₂ C	5 15 10	15	#94:75% 4:F	90	↑	10	15	13.5	16.1	16.2	16.3	16.5	16.6	16.8	17.0	17.1	86	
8	#94:F	70	PTFE MoS ₂ C	5 10 15	14	#44: 70	PTFE C	25 5	8	7.7	8.2	8.5	8.7	8.8	9.0	9.2	9.4	9.5	89		
9	#94:F	75	PTFE MoS ₂ C	5 10 10	8	#44: 85	PTFE	15	11	6.2	8.0	10.2	11.0	11.3	11.5	11.6	11.8	12.0	88		
10	#97:F 4:F	75	PTFE MoS ₂ C	5 10 10	20	#44: 85	↑	15	10	6.1	8.8	9.9	10.3	10.5	10.6	10.8	10.9	11.2	94		

【0016】

※ ※【表2】

表2 試験結果（比較例）

表2 試験結果 (JG6CP1)																					
No.	第1コーティング層					第2コーティング層				摩 耗 量 (μm)										300時間後 残存率	
	バインダー樹脂	組 成	固 体 潤滑剤	組 成	膜 厚 (μm)	バインダー樹脂	組 成	固 体 潤滑剤	組 成	膜 厚 (μm)	25H	50H	75H	100H	125H	150H	200H	250H	300H		
11	エポキシ	(wt%) 50	75%ニッケル MoS ₂	(wt%) 30 20	27		(wt%)		(wt%)		12.3	18.0	25.0	樹脂コート層摩滅						0	
12	エポキシ	50	75%ニッケル CF	30 20	30						11.5	16.3	22.0	28.3	樹脂コート層摩滅						0
13	エポキシ	50	PTFE MoS ₂	15 25 10	35						16.0	26.3	樹脂コート層摩滅						0		
14	エポキシ	70	PTFE MoS ₂ C	5 10 15	34						12.0	20.3	28.7	樹脂コート層摩滅						0	
15	#97:F 4:F	100			15	#97:F 4:F	70	PTFE	30	10	4.5	6.3	7.8	8.5	9.8	12.3	16.8	23.1	樹脂 コート層 摩滅	0	
16	#97:F 4:F	100			15	#97:F 4:F	70	PTFE	30	10	4.3	6.6	8.0	8.8	10.2	13.3	17.5	24.2	樹脂 コート層 摩滅	0	
17	#97:F 4:F	60	PTFE MoS ₂ C	10 20 10	18	PTFE	100			10	12.3	13.9	14.9	16.2	17.8	19.1	20.5	22.0	24.0	22	
18	#94:F 4:F	65	PTFE MoS ₂ C	10 15 10	18	PTFE	100			10	13.5	14.2	15.0	16.0	17.5	18.4	19.8	21.5	23.2	27	

【0017】

★50★【表3】

表3 試験結果(比較例)

No.	第1コーティング層					第2コーティング層					摩 耗 量 (μm)											
	バインダ樹脂	組 成	固 体潤滑剤	組 成	膜 厚 (μm)	バインダ樹脂	組 成	固 体潤滑剤	組 成	膜 厚 (μm)	25H	50H	75H	100H	125H	150H	200H	250H	300H			
19	樹脂F	(wt%) 50	PTFE MoS ₂ C	(wt%) 15 25 10	8	樹脂F	(wt%) 80	PTFE	(wt%) 20	12	7.0	10.0	12.3	14.5	部分剥離発生							
20	樹脂F	70	PTFE MoS ₂ C	5 15 10	6	↑	80	↑	20	15	6.8	10.3	14.3	17.1	17.5	部分剥離発生						
21	樹脂F	45	PTFE MoS ₂ C	15 30 10	32	↑	75	↑	25	10	7.3	部分剥離発生										
22	樹脂F	70	PTFE MoS ₂ C	5 20 5	33	↑	75	↑	25	15	7.8	13.5	部分剥離発生									
23	樹脂F	75	PTFE MoS ₂ C	5 15 5	10	↑	90	↑	10	6	5.8	6.8	7.9	8.5	9.1	11.2	13.5	14.8	40H コート層 の摩耗			
24	↑		↑		20	↑	90	↑	10	7	6.3	7.6	8.2	10.1	12.3	14.5	16.6	19.1	21.1			
25	樹脂F	50	PTFE MoS ₂ C	10 30 10	10	↑	80	↑	20	25	7.3	12.1	16.3	24.6	25.3	25.6	26.0	26.2	26.4			
26	↑		↑		15	↑	80	↑	20	23	7.5	14.3	18.1	24.7	24.9	25.2	25.5	25.8	25.9			

【0018】表1のNo. 1～No. 10に本発明実施例のコーティング層仕様とその試験結果を示す。表2のNo. 11～No. 18、表3のNo. 19～26は比較例(本発明に含まず)である。表からわかるように、本発明のものは初期なじみ性がよく、摩耗が試験開始後約100時間までは進行するものの、定常的な摩耗はほとんどなく、初期のプロファイルがよく維持されていることが見られる。この結果、図3に示すように、ピストンフリクションは、従来の比較例よりも低く、燃費低減効果が得られる。ここでのピストンフリクションは、パターン運転時のエンジン回転数1000rpmの場合である。

【0019】一方、表2のNo. 11～No. 18に示す従来技術では、本発明と比較して摩耗量が多くなり、結果としてピストンフリクションが大きくなる。この理由には、次が考えられる。比較例No. 11～14については、マトリックスのエポキシ樹脂の硬度がH～2Hであるのに対して、本発明での第1コーティング層4のポリアミドイミドの硬度は4H以上である。また、アルミニウム粉は、固体潤滑材(MoS₂、C)に比べて摺動により脱落する。すなわち、固体潤滑材は、自身が摩耗することにより摩擦係数を低くしているのに対し、アルミニウム粉は摩耗が少なく、また摩擦係数も高いため、バインダとの界面で脱落するものと思われる。また、アルミニウム粉の混った摩耗粉によりコーティング層の摩耗が促進される。比較例No. 15～16については、初期なじみ性が悪いので、摩耗は徐々に進行し、摩擦係数の高い第1コーティング層に摩耗が到ると急激に摩耗は増加する。比較例No. 17～18については、ピストンとシリンダボア間の摺動では、第2コーティング層の単体PTFEは運転と同時に摩滅し、初期なじみ性の改良には役立たない。また、No. 17～18*50

*の第1コーティング層は、本発明と同一のものではあるが、摩耗進行時の摩耗面の状態が本発明の場合とはなめらかであるのに対して、No. 17～18では、摩耗面は粗く、この凸部で応力集中が生じることでさらに摩耗が促進される。

【0020】つぎに、第1、第2コーティング層4、5の厚さの限定理由を表3を参照して説明する。比較例No. 19～20では、第1コーティング層が6μmと薄くなっているため、摩耗が進行し、第1コーティング層に到ると共に、第1コーティング層が破壊するため、剥離が生じる。第1コーティング層が破壊するのは、第1コーティング層内に含まれる固体潤滑材(3成分ともに)の平均粒度が5μmであり、バインダが固体潤滑材を保持できなくなるためである。比較例21、22については、複合樹脂コーティングのトータル膜厚が40μmを越えると、ピストン母材と複合樹脂コーティング層との界面に生じるせん断力により樹脂コーティング層の剥離が生じやすくなる。比較例No. 23、24については、第2コーティング層の膜厚が8μm以上ないと、初期なじみによる最適プロファイルの形成ができない。8μm以下の場合には、表3中に示すように、最適なプロファイルが形成される前に第1コーティング層が表面に表われるため、摩耗は徐々に進行し、樹脂コーティング層は摩滅する。また、部分的にピストン母材が露出する箇所も生じることからピストンフリクションの増加も認められる。比較例No. 25、26については、第2コーティング層により初期なじみ性が向上し、定常摩耗も本発明と同様に少量である。しかし、図4に示すように、第2コーティング層が15μm以上となると、耐久後のオイル消費量は飛躍的に悪化する。これは摩耗によりピストンスカート部とシリンダボアとのクリアランスが増加したことによる。また、摩耗量が20μmを越えると、

クリアランスが増加することにより、運転時のピストン打音も問題となる。

【0021】以上の結果から、膜厚は次のように設定されることが望ましい。

第1コーティング層：8 μ m以上

第2コーティング層：8～15 μ m

第1コーティング層と第2コーティング層との合計厚さは40 μ m以下。上記膜厚は、ピストンスカート部特有の値であり、他の摺動部材として使用する場合は別途規定する必要がある。

【0022】つぎに、焼成温度を変えてコーティング層の硬度を変える場合は、本発明実施例No. 27、28として以下に、説明する。

実施例27

成分：ポリアミドイミド 60wt%

PTFE 10wt%

MoS₂ 20wt%

C 10wt%

焼成条件および膜厚：

第1コーティング層 200℃×90分 10 μ m

第2コーティング層 150℃×60分 10 μ m

実施例28

成分：ポリイミド 75wt%

PTFE 5wt%

MoS₂ 10wt%

C 10wt%

焼成条件および膜厚：

* 第1コーティング層 200℃×60分 15 μ m

第2コーティング層 160℃×30分 15 μ m

【0023】図5に実施例27、28のフリクション低減効果を示す。図からわかるように、焼成条件を変えた2層コーティングでも、材料を変えた実施例1～10と同等のフリクション低減効果が得られる。この理由として、コーティング層中の残存溶剤量が図6のような関係があるためで、残存溶剤量が増加すると摩耗しやすくなり、初期なじみ性がよくなることに起因する。第1コーティング層に必要な特性としては、耐摩耗性があり、低摩擦であることが要求されるが、これを実現するには、コーティング層中溶剤残量が4wt%以下であることが望ましい。このため、180℃～220℃×15～90分の高温焼成が必要となる。一方、第2コーティング層は、比較的摩耗しやすいことが要求されるが、この特性を有するためには、溶剤残量が6～11%程度がよい。6%以下では、耐摩耗性が向上するため初期なじみ性が悪く、11%以上では、耐摩耗性が極めて悪くなり、エンジンの運転とほぼ同時に第2コーティング層が摩滅して、初期なじみ性の役割を果たさない。また、コーティング膜自身も強度低下し、層内剥離および母材ピストンとの界面剥離も発生する。したがって、この条件を満足するのが、150～160℃×30～90分の低温焼成となる。

【0024】

【表4】

表4 (実施例：焼成条件)

	第1コーティング層 膜厚 (μm)	第2コーティング層 膜厚 (μm)	摩 耗 量 (μm)									
			25H	50H	75H	100H	125H	150H	200H	250H	300H	
実施例27	10	10	6.8	8.8	11.0	11.2	11.3	11.5	11.7	11.9	12.0	
実施例28	15	15	8.8	11.6	14.3	15.0	15.2	15.6	16.0	16.1	16.2	

【0025】表4に、実施例1～10と同じ試験条件で実施した実施例27、28の試験結果を示す。表4からわかるように、実施例27、28では、初期なじみ性がよく、摩耗が試験開始後100時間まで進行するものの、定常的な摩耗はほとんどなく、初期に形成されたプロファイルがよく維持されていることがわかる。

【0026】

【発明の効果】請求項1のピストンによれば、柔らかい層と硬い層との2層コーティングとなるため、なじみ性と耐久性の両立が容易である。すなわち、初期なじみ性をよくし、それを長期間維持できる。請求項2のピストンによれば、上記効果を樹脂の材料を変えることで容易に得ることができる。請求項3のピストンによれば上記効果と、耐摩耗性、潤滑性の向上を得る。請求項4の製造方法によれば、焼成温度を変えるだけで、なじみ性と※50

※耐久性の両立をはかることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の内燃機関ピストンの断面図である。

【図2】図1のピストンのスカートの拡大断面図である。

【図3】実施例5、比較例15、17のピストンフリクション力対試験時間特性図である。

【図4】オイル消費量対第2コーティング層厚さ特性図である。

【図5】実施例27、28のピストンフリクション力対試験時間図である。

【図6】残存溶剤量と焼成温度の関係図である。

【符号の説明】

1 ピストン

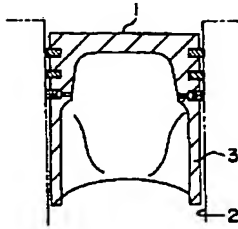
11

12

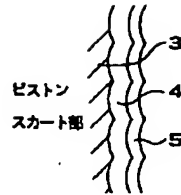
- 3 ピストンスカート
4 第1コーティング層

- 5 第2コーティング層

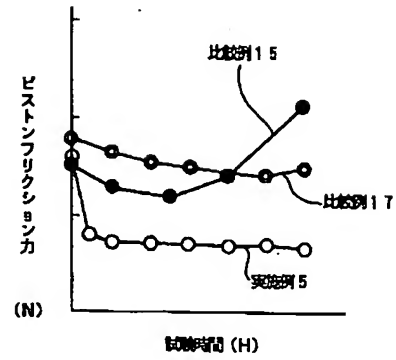
【図1】



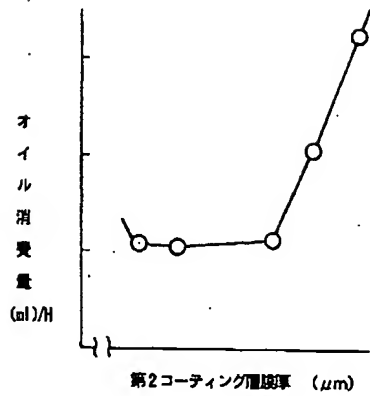
【図2】



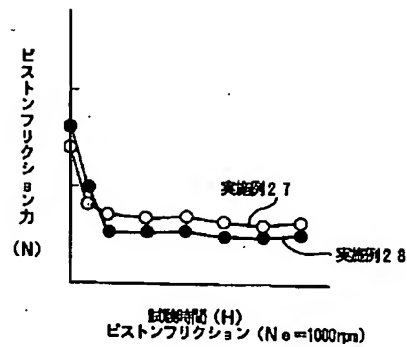
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

